



Attorney Docket: 622/49809  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: JUERGEN WEICHART  
Serial No.: 09/821,787 Group Art Unit: 1753  
Filed: MARCH 29, 2001 Examiner: R. McDONALD  
Title: VACUUM TREATMENT CHAMBER AND METHOD FOR  
TREATING SURFACES

#  
10/w.m.  
7/17/02

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC § 119

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

RECEIVED  
JUL 16 2002  
TC 1700


Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 1986/98, filed in Switzerland on September 30, 1998, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

July 3, 2002

  
James F. McKeown  
Registration No. 25,406

CROWELL & MORING, LLP  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

JFM/acd  
80310.042



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA



RECEIVED

JUL 16 2002

TC 1700

### Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

### Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

### Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 22 AUG. 2001

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

  
Rolf Hofstetter

**Patentgesuch Nr. 1998 1986/98**

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:  
Vakuumbehandlungskammer und Verfahren zur Oberflächenbehandlung.

Patentbewerber:  
BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT

9496 Balzers  
LI-Liechtenstein

Vertreter:  
Troesch Scheidegger Werner AG  
Siewerdtstrasse 95 Postfach  
8050 Zürich

Anmeldedatum: 30.09.1998

Voraussichtliche Klassen: H01J

## Vakuumbehandlungskammer und Verfahren zur Oberflächenbehandlung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumkammer nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Behandlungsverfahren nach demjenigen von Anspruch 11.

- 5 Es ist bekannt, dass in Vakuumbehandlungskammern für Werkstücke Plasmen induktiv und/oder kapazitiv erzeugt werden können.

Bei der kapazitiven Plasmaerzeugung werden in der Vakuumkammer vorgesehene Elektroden auf unterschiedliche elektrische Potentiale gelegt, wie beispielsweise DC- oder HF-Potentiale, und  
10 damit zwischen den Elektroden ein elektrisches Feld, ähnlich demjenigen eines Kondensators, mit dem Vakuum als Dielektrikum, erzeugt.

Bei der induktiven Plasmaerzeugung wird mindestens eine Induktionsspule vorgesehen, welche den Plasmaentladungsraum um-  
15 schliesst, und es wird in der Kammer ein Induktionsfeld erzeugt.

Des öfteren wird, wie erwähnt, das Plasma kombiniert kapazitiv und induktiv angeregt, teilweise auch bei geschalteten Plasmen, bei denen praktisch ein "Stand-by-Plasma" induktiv erzeugt wird  
20 und die kapazitiv eingekoppelte Leistung an- und abgeschaltet wird.

Zur induktiven Einkopplung des Induktionsfeldes in den Entladungsraum kann die Induktionsspule wohl gegen den Entladungsraum freiliegen, wird aber bevorzugt von letzterem durch eine  
25 dielektrische Wandung getrennt, ist dann bezüglich der Vakuumkammer meistens aussenliegend angeordnet, oder ist gegebenenfalls in das Material der dielektrischen Wandung eingebettet.  
Eine Vakuumbehandlungskammer, bei welcher sowohl kapazitive

1986/88

- 2 -

wie auch induktive Plasmaerzeugung kombiniert eingesetzt werden, ist beispielsweise aus der EP-0 271 341 bekannt.

Werden nun in einer Kammer, bei der ein Plasma induktiv mindestens miterzeugt wird, elektrisch leitende Teilchen freigesetzt, wie z.B. beim Sputterätzen elektrisch leitender Werkstückoberflächen oder beim Sputterbeschichten von Werkstücken mit elektrisch leitenden Schichten oder bei PECVD-Verfahren, bei denen elektrisch leitende Partikel erzeugt werden, so entstehen folgende Probleme:

- 10 • Ist die Induktionsspule innerhalb der Kammer dem Entladungsraum frei ausgesetzt, so erfolgt eine Störbeschichtung der Induktionsspule. Dies führt mit zunehmender Prozessdauer zum Abblättern von Störbeschichtungspartikeln, mit entsprechender Beeinträchtigung des Prozesses.
- 15 • Ist die Induktionsspule wie bevorzugt durch dielektrisches Material vom Entladungsraum abgetrennt, so ergibt sich eine mit zunehmender Prozessdauer zunehmend dicke Beschichtung der dielektrischen Wand mit elektrisch leitendem Material. Dadurch nimmt die induktiv in den Entladungsraum eingekoppelte
- 20 Leistung ab und wird zunehmend in der elektrisch leitenden Störbeschichtung in Wärme umgesetzt.

Auf diese genannten Probleme an einer Sputterbehandlungskammer mit kapazitiver Hochfrequenz und induktiver Plasmaerregung, mittels einer ausserhalb einer dielektrischen Wandung angeordneten Induktionsspule, ist in der US-A-5 569 363 eingegangen. Zur Lösung des Problems, dass die dielektrische Innenwandung mit elektrisch leitendem Material störbeschichtet wird, wird hier vorgeschlagen, zwischen Entladungsraum und dielektrischer Wandung der Kammer einen zylindrischen Stahlschirm vorzusehen

1988/98

- 3 -

mit einer Dicke von ca. 0,1 mm. Der Schirm ist, parallel zur Achse der Induktionsspule, durchgehend aufgeschlitzt. Aufgrund dieses Längsschlitzes können im metallischen Zylinderschirm keine umlaufenden Kreisströme mehr entstehen, ihre Bahn ist  
5 durch den Schlitz unterbrochen. Auch bei Ablagerung elektrisch leitender Schichten auf der Innenseite des Zylinders bleibt dieser Unterbruch bestehen. Dabei wird die dielektrische Wand durch den Schirm vor elektrisch leitender Beschichtung geschützt. Nachteilig an diesem Vorgehen ist, dass die induktive  
10 Leistungseinkopplung durch Vorsehen eines solchen leitenden Schirmes deutlich reduziert wird.

Ähnlich ist aus der EP-A-0 782 172 eine Vakuumbehandlungskammer bekannt, bei der, wiederum kombiniert, durch DC-Betrieb eines Targets kapazitiv sowie durch HF-Betrieb einer Induktionsspule  
15 induktiv ein Plasma zur Sputterbehandlung von Werkstücken erzeugt wird. Die Induktionsspule liegt bei der einen Ausführungsform innerhalb des Vakuumrezipienten, bei der anderen eingebettet in eine dielektrische Wandung. Jedenfalls ist zwischen dem Entladungsraum und der Induktionsspule mindestens ein zy-  
20 lindrischer Schirm vorgesehen, der aus dielektrischem oder metallischem Material gefertigt ist. Er weist mindestens einen achsparallelen Schlitz auf bzw. an seinem Umfang verteilt einige wenige durchgehende Schlitzte, die den Schirm in Einzelsegmente teilen.

25 Es wird gemäss der US-A-5 569 363 und der EP-A-0 782 172 davon ausgegangen, dass, unabhängig, ob der geschlitzte Schild aus einem metallischen oder dielektrischen Material gefertigt ist, die elektrisch leitende Störbeschichtung auf dem Schirm aufgefangen wird, woran bereits ein Schlitz das Entstehen von  
30 Kreisströmen in der leitenden Störbeschichtung verhindert, meh-

1985/86

- 4 -

rere gleich verteilte Schlitze jedoch offenbar die Entladungsverhältnisse besser symmetrisieren. Um gänzlich zu verhindern, dass elektrisch leitende Störbeschichtung sich durch die Schlitze des einen Schildes an die Induktionsspule bzw. die dielektrische Wandung niedersetzt, wird, gemäss der EP-A, ein zweiter koaxialer Schirm vorgesehen, gleich ausgebildet wie der ersterwähnte, jedoch mit diesbezüglich winkelfversetzten Schlitz-zen.

Es kann darauf hingewiesen werden, dass, unabhängig, ob der Schirm aus dielektrischem Material oder aus Metall gefertigt ist, seine dem Entladungsraum zugewandte Fläche durch elektrisch leitende Störbeschichtung elektrisch leitend wird.

Ausgehend von einer Vakuumbehandlungskammer für Werkstücke mit mindestens einer Induktionsspule mindestens zur Miterzeugung eines Behandlungsplasmas in einem innerhalb der Spule gelegenen Entladungsraum sowie mit einem zwischen Entladungsraum und Spule gelegenen, koaxial zur Spulenachse angeordnetem, geschlitzten Schirm, dessen Schlitze eine achsparallele Richtungskomponente aufweisen, gemäss der Vakuumkammer der in der EP-0 782 172 dargestellten Art, ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Reduktion der bei elektrischer Störbeschichtung des Schirmes in den Entladungsraum induktiv eingekoppelten Leistung massgeblich zu verringern und gleichzeitig Stillstandzeiten der Behandlungskammer für das Auswechseln störbeschichteter Schirme zu reduzieren.

Dies wird bei Ausbildung der Kammer nach dem Kennzeichen von Anspruch 1 erreicht.

Vorerst unabhängig davon, ob der Schirm aus Metall oder aus dielektrischem Material gefertigt ist, geht die vorliegende Er-

1986/98

- 5 -

findung von der Erkenntnis aus, dass bei elektrisch leitender Innenoberfläche des Schirmes - jedenfalls bei elektrisch leitender Störbeschichtung - die Verluste induktiv eingekoppelter Leistung massgeblich durch Wirbelströme erzeugt werden, und  
5 nicht - wenigstens nicht allein - durch Kreisströme, wie insbesondere gemäss der US-A-5 569 369 ausgeführt. Erfindungsgemäss wird mithin der Schirm mit hoher Schlitzdichte versehen, was sich nur an einem in sich geschlossenen Körper handhabungsfreundlich realisieren lässt, womit zusätzlich auch die Aufgabe  
10 des schnellen Schirmauswechselns gelöst ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Schlitzdichte (Anzahl Schlitze pro cm) zu

$1 \leq S$ , vorzugsweise gar zu

$1,5 \leq S$  gewählt,

15 vorzugsweise bei Schlitzbreiten  $d$  von vorzugsweise

$d \leq 2$  mm, vorzugsweise

$d \leq 1$  mm.

Die obere Grenze der Schlitzdichte ergibt sich aus Grenzen der Schlitzfertigung und einzuhaltenden Schlitzminimalbreiten um,  
20 nach Massgabe von Standzeitüberlegungen, Zuwachsen der Schlitze durch Störbeschichtung, abhängig vom jeweiligen Störbeschichtungsmaterial, nicht zu rasch erfolgen zu lassen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der erfindungsgemäss ausgebildete Schirm aus einem Metall gefertigt und bevorzugt  
25 auf ein Bezugspotential, wie z.B. auf Massepotential, gelegt. Dies hat - gegenüber einem dielektrischen Schirm - u.a. den we-



1988/88

- 6 -

sentlichen Vorteil, dass aufgrund der aufwachsenden elektrisch leitenden Störbeschichtung keine signifikante Änderung der induktiv eingekoppelten Leistung mehr entsteht, so dass sich die voreingestellte Plasmadichte entsprechend der induktiv eingekoppelten Leistung aufgrund der aufwachsenden Störbeschichtung kaum mehr ändert. Sind die Schlitze in Aufsicht, d.h. in Richtung der Spulenachse betrachtet, bezüglich Radialrichtung verkippt, so wird die Schutzwirkung des Schirmes gegen durchtretende Störbeschichtung noch weiter erhöht.

- 10 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Kammer eine koaxiale Wandung aus dielektrischem Material auf, der Schirm liegt innerhalb dieser Wandung, und die Induktionsspule ist in oder ausserhalb dieser Wandung angeordnet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist in der Kammer mindestens ein Elektrodenpaar vorgesehen, wobei dieses an eine DC-Quelle, eine AC-Quelle, eine AC+DC-Quelle, eine pulsierende DC-Quelle, bevorzugt an eine HF- oder DC-Quelle geschaltet ist. Dabei wird das Betriebsplasma mittels der Spule induktiv und mittels des Elektrodenpaares kapazitiv angeregt. Als Elektrode bzw. Elektrodenpaar kann dabei eine Sputterquelle, wie beispielsweise eine Magnetronquelle, oder ein Substratträger eingesetzt sein. Bevorzugt wird die Induktionsspule mit einem Mittelfrequenzgenerator betrieben, arbeitend auf einer Mittelfrequenz  $f_m$ :

25 
$$100 \text{ kHz} \leq f_m \leq 800 \text{ kHz},$$

vorzugsweise auf  $f_m = \text{ca. } 400 \text{ kHz}.$

Auch wenn der erfindungsgemäss vorgesehene, eng geschlitzte Schirm, dessen Schlitze nicht zwingend achsparallel verlaufen

1986/98

- 7 -

müssen, sondern auch diesbezüglich schiefwinklig angeordnet sein können, aus Metall gebildet ist, ergibt sich je nach Störbeschichtungsmaterial beim Aufwachsen der Störbeschichtung eine Änderung der induktiv eingekoppelten Leistung. Weit ausgespro-

5 chener ist dies der Fall, wenn der erfindungsgemäss vorgesehene Schirm aus dielektrischem Material gefertigt ist. Um diesen Problemen jedenfalls entgegenzuwirken und die Plasmabetriebsverhältnisse möglichst konstant oder mindestens mit zeitlich gewollter Änderung zu führen, wird an einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Behandlungskammer eine Messan-

10 ordnung für die Plasmadichte vorgesehen, vorzugsweise eine Spannungsmessanordnung an einer Elektrode, wie beispielsweise an einem Werkstückträger oder an einem Sputtertarget, deren Ausgangssignal als gemessener IST-Wert einem Regelkreis zuge-

15 führt ist, welcher auf einen Generator für die Induktionsspule, als Stellglied für die Plasmadichte, wirkt.

In einer weiteren Ausführungsform kann mit dem erfindungsgemäss geschlitzten Schirm innerhalb der Vakuumkammer der Entladungsraum von einem radial aussengelegenen Ringraum abgetrennt sein,

20 in welchen eine Gasleitungsanordnung einmündet. Mithin wird in diesem Fall der Schirm mit seinen Schlitzen gleichzeitig zur Gaseindüsung in den Entladungsraum ausgenützt, bildet eine Schlitzringdüsenanordnung. Bei Reaktivprozessen wird dabei bevorzugterweise das inerte Arbeitgas, wie beispielsweise Argon,

25 durch den erwähnten Schirm eingedüst, womit zusätzlich die Schichtbeaufschlagung mit elektrisch leitender Störbeschichtung verzögert wird.

Das erfindungsgemässe Verfahren lässt sich weiter insbesondere für Sputterätzen von metallischen Schichten, Sputterbeschichten

30 von Werkstücken, wie z.B. von Thin Film Heads fürs Magnetron-

1985/88

- 8 -

sputtern einsetzen. Wie erwähnt, kann es aber auch für weitere plasmaunterstützte Behandlungsverfahren eingesetzt werden, bei denen das Plasma induktiv mindestens mitangeregt wird, wie für PECVD-Verfahren, reaktive Sputterverfahren, seien dies Sputter-  
5 beschichtungs- oder Sputterätzverfahren.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch, eine Vakuumbehandlungskammer mit induktiver Plasmaanregung zur Erläuterung der der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Probleme,  
10

Fig. 2 bei Vorsehen eines metallischen oder dielektrischen, zylindrisch in sich geschlossenen Schirmes an der Kammer gemäss Fig. 1, das Entstehen von Kreisströmen sowie deren Unterbindung nach dem Stand der Technik,  
15 weiter dadurch nicht unterbundende induzierte Wirbelströme,

Fig. 3 schematisch, den an einer erfindungsgemässen Vakuumkammer für eine erfindungsgemässe Werkstückbehandlung eingesetzte Schirm,

20 Fig. 4 eine bevorzugte Ausbildung der am Schirm gemäss Fig. 3 vorgesehenen Schlitzte,

Fig. 5 schematisch, eine erste erfindungsgemässe Ausführungsform der Vakuumbehandlungskammer mit innerhalb der Kammer angeordneter Induktionsspule,

25 Fig. 6 in Darstellung analog zu Fig. 5, eine erfindungsgemässe Kammer mit ausserhalb gelegener Induktionsspule, und

Fig. 7 schematisch, eine weitere erfindungsgemässe und bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vakuumbehandlungskammer, in Darstellung analog zu den Fig. 5 und 6, zum Sputterätzen oder Sputterbeschichten von Werkstücken.

In Fig. 1 ist eine Vakuumkammer 1 schematisch dargestellt, welche eine zylindrische dielektrische Wand 3 mit stirnseitigen metallischen Abschlüssen 5 und 7 aufweist. Einerseits besteht die Wand 3 aus dielektrischem Material, um bei Elektrodenbetrieb der Stirnwände 5 und 7, für kapazitive Plasmaanregung, diese - 5,7 - elektrisch voneinander zu trennen, andererseits damit eine ausserhalb der Kammer 1 gelegene Induktionsspule 9 mit Achse A induktiv Leistung in den Entladungsraum R einkoppeln kann. Werden nun bei einer Werkstückbehandlung, welcher Art auch immer, im Entladungsraum R elektrisch leitende Teilchen freigesetzt, wie dies der Fall ist z.B. beim Sputterätzen leitender Oberflächen, bei Sputterbeschichten mit leitenden Schichten, aber auch bei PECVD-Verfahren, plasmaunterstützten reaktiven Ätz- bzw. Beschichtungsverfahren auftreten kann, so wird die Innenverkleidung, insbesondere auch die Innenfläche der dielektrischen Wandung 3, elektrisch leitend - wie schematisch bei 11 dargestellt - beschichtet. Damit ändert sich mit zunehmender Schichtdicke die induktiv in den Entladungsraum R eingekoppelte Leistung.

Ist die Induktionsspule ausnahmsweise und wie gestrichelt bei 9' angedeutet innerhalb der Vakuumkammer angeordnet und frei dem Entladungsraum R ausgesetzt, eine Anordnung, bei der dielektrische Abstandshalter gemäss der Wandung 3 nurmehr zur elektrischen Trennung - gegebenenfalls als Elektroden eingesetzter Platten 5 und 7 - eingesetzt wird, so wird die Spule 9'

1986/98

- 10 -

mit der elektrisch leitenden Störbeschichtung beaufschlagt, eine Beschichtung, die schliesslich abblättern wird und den Behandlungsprozess kontaminiert.

Um diese Probleme zu beheben, ist es bekannt, wie eingangs erwähnt wurde, zwischen Entladungsraum R und Induktionsspule 9' bzw. dielektrische Wand 3 eine Schirmanordnung 13 vorzusehen. Diese soll einerseits die negativen Auswirkungen elektrisch leitender Störbeschichtung auf die induktive Leistungseinkopplung in den Entladungsraum R reduzieren, trotzdem aber eine grösstmögliche induktive Leistungseinkopplung gewährleisten.

In Fig. 2 ist schematisch eine Induktionsspule 9a gemäss 9 von Fig. 1 dargestellt, welche einen mindestens aufgrund der Störbeschichtung gemäss Fig. 1 elektrisch leitenden Schirm 13a umschliesst. Aufgrund der Induktionswirkung entstehen vorab am geschlossenen Zylinder Kreisströme  $i_k$  in der in Fig. 2 schematisiert dargestellten Art. Zudem entstehen - wie dargestellt - Wirbelströme  $i_w$ , deren Auswirkungen, wie erfindungsgemäss erkannt wurde, keinesfalls vernachlässigbar sind. Gemäss vorbekannten Ansätzen werden durch Aufschlitzen des Schirmes 13a, wie in Fig. 2 dargestellt bei 15, 15a, die Kreisströme unterbunden und der Durchgriff der Induktionsleistung in den Entladungsraum R möglichst aufrechterhalten; dies durch Ausbildung des Schirmes 13a aus dielektrischem Material oder Vorsehen mehrerer verteilter, relativ breiter Schlitze 15 bzw. 15a.

In Fig. 3 ist nun ein erfindungsgemässer Schirm 13b dargestellt, wie er an einer erfindungsgemässen Kammer, wie - abgesehen vom Schirm - grundsätzlich in Fig. 1 dargestellt, eingesetzt wird. Der Schirm 13b ist als in sich geschlossener Körper ausgebildet, beispielsweise als Zylinderschirm. Seine Mantel-

1985/86

- 11 -

fläche ist mit Schlitz 17 in dichter Abfolge geschlitzt. Die Schlitz verlaufen, mindestens in einer Ausrichtungskomponente, parallel zur Achse A des Schirmes, vorzugsweise wie dargestellt achsparallel. Bezogen auf eine Längeneinheit E in Umfangsrichtung des Schirmes 13b beträgt die Dichte der Schlitz 17  
5 "Anzahl Schlitz pro cm" mindestens 0,5, vorzugsweise mindestens 1, vorzugsweise gar mindestens 1,5.

Durch die hohe Schlitzdichte wird das Entstehen von Wirbelströmen  $i_w$  am erfindungsgemässen Schirm 13b nachhaltig reduziert,  
10 sei dies am bevorzugt aus einem Metall, wie Aluminium, gefertigten Schirm, oder sei dies an einem aus dielektrischem Material gefertigten, nachmals elektrisch leitend störbeschichteten Schirm.

Die Schlitz 17 werden mit einer bevorzugten Breite d von höchstens 2 mm, vorzugsweise von höchstens 1 mm, beispielsweise  
15 durch Wasserstrahlschneiden realisiert. Wie in Fig. 4, betrachtet in Richtung der Achse A, an einem Querschnitt des Schirmes nach Fig. 3 ersichtlich, sind die Schlitz 17 bezogen auf die radiale Richtung r bevorzugterweise um  $\phi$  geneigt, was zusätzlich die Schutzwirkung des Schirmes bezüglich Austreten von  
20 Partikeln aus dem Entladungsraum R erhöht.

Bevorzugt beträgt  $\phi$  zwischen  $30^\circ$  und  $40^\circ$  bezüglich Radialrichtung r.

Wie erwähnt, wird der Schirm 13b bevorzugterweise aus Metall  
25 gefertigt, was ermöglicht, ihn in der erfindungsgemässen Kammer auf ein Bezugspotential gefesselt zu betreiben.

Aufgrund der hohen Schlitzdichte S primär wird der erfindungsgemäss eingesetzte Schirm aus einem integralen Teil gebildet,

1985/88

- 12 -

was gleichzeitig die Handhabung wesentlich erleichtert, wenn der Schirm an einer erfindungsgemässen Kammer ersetzt werden muss. Damit werden deren Standzeiten wesentlich reduziert.

Wie sich aus der schematischen Darstellung von Fig. 5 bzw. von  
5 Fig. 6 ohne weiteres ergibt, kann an der erfindungsgemässen Behandlungskammer 1 mit dem anhand der Fig. 3 und 4 erläuterten Schirm 13b die Induktionsspule 9 innerhalb oder - wie gemäss Fig. 1 - ausserhalb der Kammer vorgesehen sein. Eine erfindungsgemässe Kammer bzw. das erfindungsgemässe Behandlungsver-  
10 fahren wird immer dort eingesetzt, wo im Rahmen des Vakuumbehandlungsprozesses mit induktiv mindestens miterzeugtem Plasma elektrisch leitende Störbeschichtung entsteht.

In Fig. 7 ist, wiederum schematisch, eine bevorzugte Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen Kammer zur erfindungsgemässen Werkstückbehandlung dargestellt. Es sind dieselben Be-  
15 zugszeichen verwendet für Teile, die bereits anhand der Fig. 1 bis 6 erläutert wurden. Das Plasma im Entladungsraum R der Kammer 1 wird sowohl induktiv, mittels der Induktionsspule 9, wie auch kapazitiv, mittels mindestens eines Elektrodenpaares 7a, 5a, erzeugt. Zur kapazitiven Plasmaerzeugung kann, wie mit dem Möglichkeiten-Wahlschalter 19 schematisiert dargestellt, ein  
20 DC-Generator 20a aufgeschaltet werden, wie zum reaktiven oder nicht-reaktiven DC-Sputtern - Beschichten oder Ätzen -, DC-Magnetron-sputtern. Andernfalls kann ein AC+DC-Generator 20b  
25 oder ein HF-Generator 20c angelegt werden, beispielsweise für reaktives oder nicht-reaktives Hochfrequenz-Sputterätzen oder -Sputterbeschichten. Der vorzugsweise aus Metall gefertigte erfindungsgemässe Schirm 13b ist auf Bezugspotential, beispielsweise Massepotential, gelegt.

1986/88

- 13 -

Wie weiter in Fig. 7 schematisch dargestellt, wird in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform mittels einer Messanordnung 21 die Plasmadichte im Raum R gemessen und das Messresultat X als gemessener IST-Wert einer Differenzbildungseinheit 23 zugeschaltet. Diese vergleicht den momentanen IST-Wert mit einem an einer Stelleinheit 24 vorgegebenen SOLL-Wert oder SOLL-Wert-Verlauf W. Als Regeldifferenz  $\Delta$  wird das Vergleichsresultat über einen Regler 25 auf mindestens einen Stelleingang ST an den die Induktionsspule 9 speisenden Generator 2 gelegt, als Stellglied für die Plasmadichte im dargestellten Plasmadichte-Regelkreis. Bevorzugterweise arbeitet der Generator 2 wie erwähnt im Mittenfrequenzbereich zwischen 100 und 800 kHz, vorzugsweise im 400 kHz-Bereich.

Beispielsweise beim HF-Sputterätzen wird als Messeinrichtung 21 eine Spannungsmesseinrichtung vorgesehen, welche die Bias-Spannung an den Substraten misst bzw. an einem Substratträger, während beim HF-Sputterbeschichten, analog, die Bias-Spannung targetseitig als IST-Wert-Indikation gemessen wird.

Wird, wie in Fig. 7 bei 13c schematisch und gestrichelt dargestellt, der Entladungsraum R durch den Schirm 13b, c von einem Aussenraum 27 abgetrennt, so ist es ohne weiteres möglich, den Schirm 13b, c gleichzeitig als Verteildüse, insbesondere für Arbeitgas, einzusetzen. Dann wird Gas G in den erwähnten Aussenraum 27 eingelassen. Insbesondere wenn in der erfindungsgemässen Kammer 1 ein reaktiver, plasmaunterstützter Prozess durchgeführt wird, kann mit Eindüsen von inertem Arbeitgas, wie Argon, durch die Schirmschlitze 17 zusätzlich eine Störbeschichtung des Schirmes insbesondere im Schlitzbereich verlangsam werden. Ein Reaktivgas, wie z.B. Sauerstoff oder ein ande-



1985-88

- 14 -

res abscheidendes Gas, wird dann bevorzugt in der Nähe des Substrates, z.B. über eine Ringleitung, zugeführt.

Mit einer wie in Fig. 7 dargestellten erfindungsgemässen Kammer mit Schirm 13b, betrieben als Hf-Sputterkammer, wurden bei unterschiedlichen Arbeitsdrucken im Entladungsraum R und bei mehreren zehn Stunden durchgehendem Betrieb, bei Sputtern von Metallen, Abnahmen der eingekoppelten induktiven Leistung, druckabhängig, von höchstens 10 % realisiert. Mit Hilfe des anhand von Fig. 7 erläuterten Regelkreises wurde dabei der Prozess-

5  
10

Arbeitspunkt zusätzlich durch Nachführen der induktiven Generatorleistung stabilisiert.

Mit dem erfindungsgemässen Vorgehen, wie bevorzugt in Fig. 7 dargestellt, ist es möglich, DC-Dioden zu sputtern, d.h. mittels zweier (Di-)Elektroden 5a, 7a im DC-Betrieb und ohne Einsatz eines Magnetfeldes. Es ergeben sich mit der induktiv/kapazitiv-kombinierten Plasma-Erzeugung hohe Raten ohne störende magnetische Streufelder und unter ausgezeichneter Targetausnützung.

15

1986/98

- 15 -

**Patentansprüche:**

1. Vakuumbehandlungskammer (1) für Werkstücke, mit mindestens einer Induktionsspule (9, 9a, 9') mindestens zur Miterzeugung eines Behandlungsplasmas in einem innerhalb der Spule gelegenen
- 5 Entladungsraum (R) sowie mit einem zwischen Entladungsraum (R) und Spule angeordneten, zur Achse der Spule coaxialen, geschlitzten Schirm (13), dessen Schlitze eine zur Spulenachse (A) parallele Richtungskomponente aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass der Schirm (13b)
- 10 - durch einen in sich geschlossenen Körper gebildet ist,
- die Schlitze entlang mindestens des überwiegenden Umfangs des Körpers mit einer Schlitzdichte pro Umfangs-Längeneinheit
- $$S \left( \frac{\text{Schlitzanzahl}}{\text{cm}} \right)$$
- $$0,5 \leq S$$
- 15 aufgebracht sind.
2. Vakuumbehandlungskammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass gilt
- $$1 \leq S,$$
- vorzugsweise  $1,5 \leq S$ .
- 20 3. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Breite d der Schlitze gilt:

$$d \leq 2 \text{ mm},$$

1986-98

vorzugsweise  $d \leq 1 \text{ mm.}$

4. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schirm aus Metall gefertigt ist und vorzugsweise auf ein elektrisches Bezugspotential gelegt ist.
5. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlitze, in Aufsicht in Axialrichtung betrachtet, bezüglich Radialrichtung (r) verkippt ( $\varphi$ ) sind.
- 10 6. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer eine koaxiale Wandung (3) aus dielektrischem Material umfasst, der Schirm (13b) innerhalb dieser Wandung (3) angeordnet ist, die Spule (9) in oder ausserhalb dieser Wandung.
- 15 7. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Kammer mindestens ein Paar beabstandeter Elektroden vorgesehen ist und diese Elektrodenanordnung an
- eine DC-Quelle (20a)
  - 20 • eine AC-Quelle (20c)
  - eine AC+DC-Quelle (20b)
  - eine gepulste DC-Quelle (20b)

bevorzugt an eine HF- oder eine DC-Quelle geschaltet ist, wobei das Betriebsplasma zur Werkzeugbehandlung sowohl durch die Spule (9), induktiv, wie auch durch die Elektroden (5, 7), kapazitiv, angeregt wird, wobei bevorzugterweise die Induktionsspule

25

1986/88

- 17 -

mit einem Mittelfrequenzgenerator (2) mit einer Frequenz  $f_m$  angeregt wird, für die gilt:

$$100 \text{ kHz} < f_m \leq 800 \text{ kHz}.$$

8. Vakuumbehandlungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messanordnung (21) für die Plasmadichte vorgesehen ist, vorzugsweise in Form einer Spannungsmessanordnung an einer Elektrode in der Kammer, vorzugsweise an einer Werkzeugträgerelektrode oder Targetelektrode, deren Ausgangssignal als gemessener IST-Wert (X) einem Regelkreis (23, 25) zugeführt ist, welcher auf einen Generator (2) für die Spule (9), als Stellglied für die Plasmadichte, wirkt.
9. Verwendung der Kammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8 für eine Werkstückbehandlung, bei der elektrisch leitendes Material in der Kammer freigesetzt wird.
10. Verwendung nach Anspruch 9 zum Sputterätzen von elektrisch leitenden Werkstückoberflächen oder zum Sputterbeschichten von Werkstücken mit elektrisch leitenden Schichten.
11. Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Werkstücken mit Hilfe eines in einer Vakuumkammer erzeugten Plasmas, welches mittels einer Spulenordnung induktiv mindestens miterzeugt wird, und bei welchem Verfahren im Plasma elektrisch leitende Materialpartikel freigesetzt werden, dadurch gekennzeichnet, dass man das Plasma mittels eines vorzugsweise metallischen Schirmes (13b) unmittelbar umschliesst, mit Schlitzten (17), die mindestens in einer Richtungskomponente axial bezüglich der Spulenachse (A) gerichtet sind und die Schlitzte mit einer Dichte pro Umfangslängeneinheit des Schirmes  $S$  [Schlitzanzahl pro cm] vorsieht, für die gilt:

1986-96

- 18 -

$$0,5 \leq S.$$

12. Kammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Schirm (13b, c) in der Kammer (1) einen Aussenraum (27) vom Entladungsraum (R) abtrennt und eine Gasleitungsanordnung (G) in den Aussenraum (27) einmündet.
- 5

1988/98

1/4

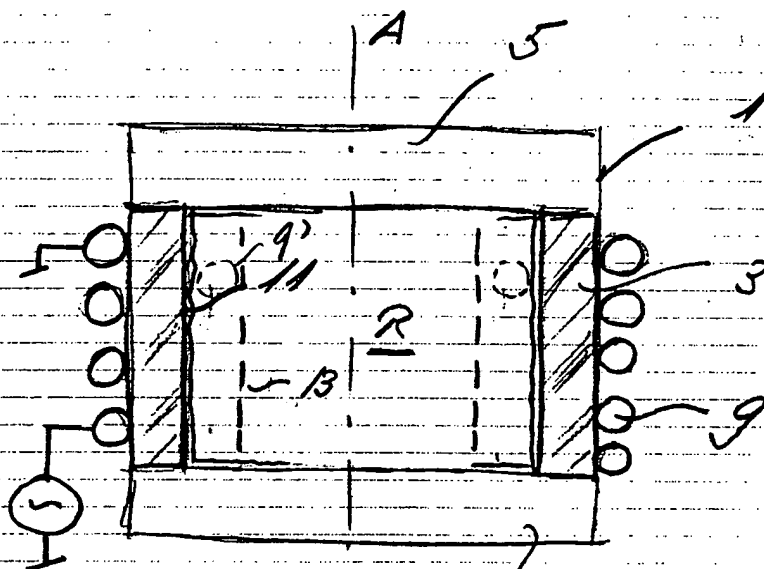


Fig 7

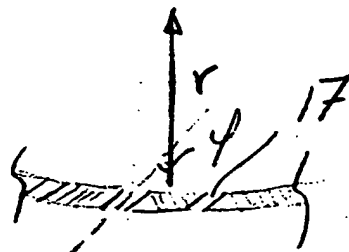
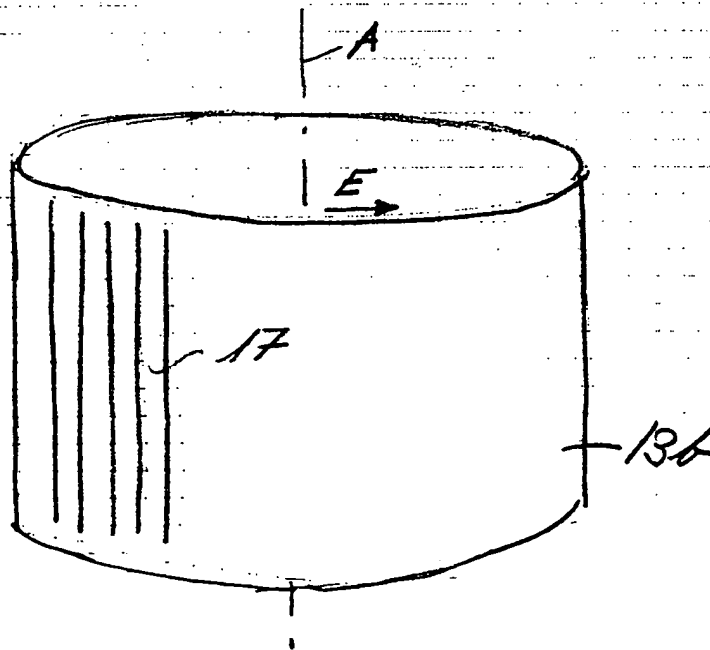
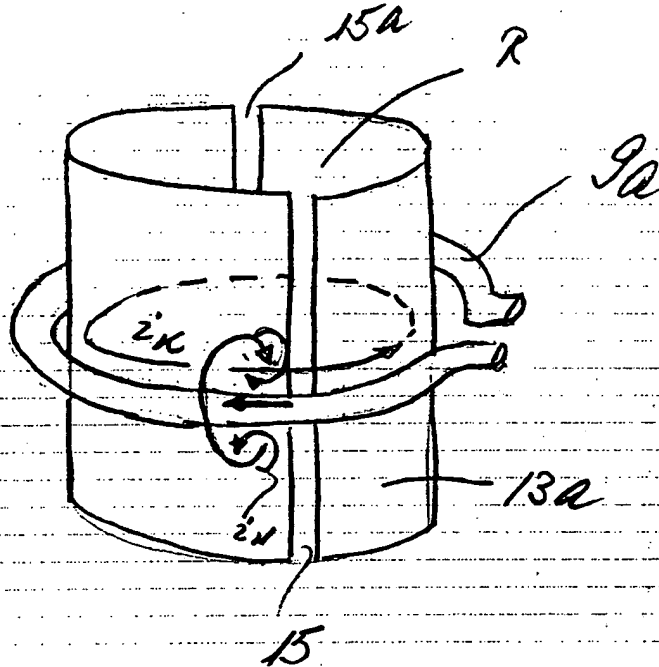
BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

Ex mplaie invariable  
Es mplaie immutabil

1988/98

2/4



Ex mplaire invariabl  
Esemplare immutabil

1986/98

3/4

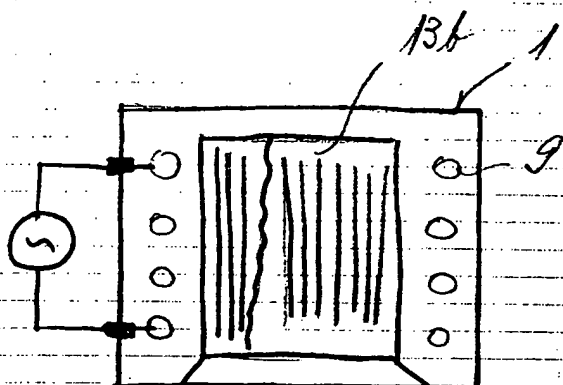


Fig 5

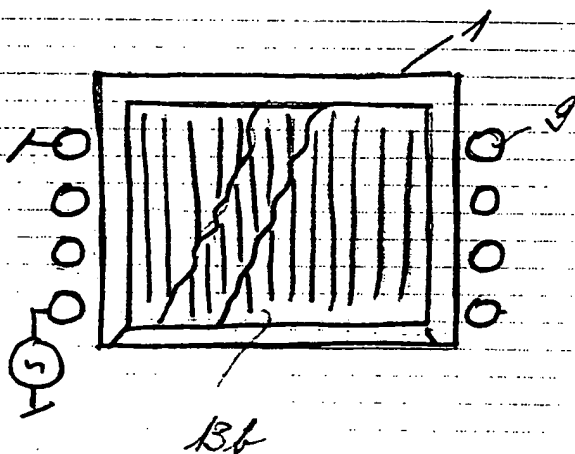


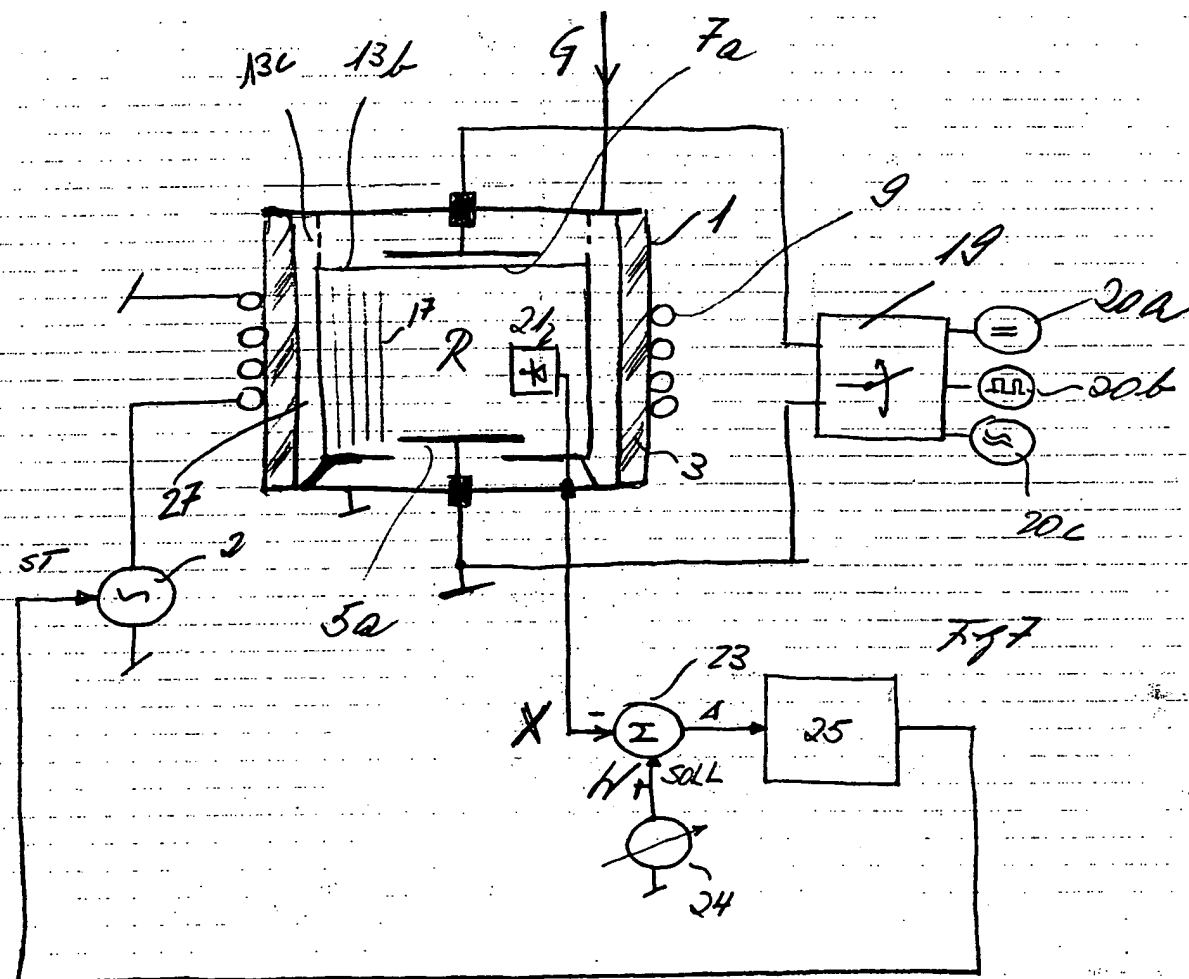
Fig 6

BEST AVAILABLE COPY



4/4

1985-98



BEST AVAILABLE COPY